

城市环境气象 监测评价预警

马雁军 等◎编著

 气象出版社
China Meteorological Press

城市环境气象监测评价预警

马雁军 等 编著



 气象出版社
China Meteorological Press

内容简介

本书针对我国城市环境气象特点,采用野外观测和现有方法的集成,开展了关键大气成分(PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_1)的监测分析;研究了其时空分布的物理、化学特征;分析了可吸入颗粒物与气象要素(风速、风向、温度、湿度、雾及能见度等)之间的关系;研究了浓雾、低能见度天气及可吸入颗粒物污染等环境气象因子对大气环境的影响;研制了城市环境气象监测评价预警业务系统,为城市环境气象研究提供了帮助。本书可供从事大气科学和大气环境保护的科研和业务人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市环境气象监测评价预警 / 马雁军 等编著. -- 北京 : 气象出版社, 2017.8

ISBN 978-7-5029-6613-3

I. ①城… II. ①马… III. ①城市环境-大气环境-
空气污染监测-大气评价 IV. ①X831

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 182671 号

Chengshi Huanjing Qixiang Jiance Pingjia Yujing

城市环境气象监测评价预警

出版发行: 气象出版社

地 址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮政编码: 100081

电 话: 010-68407112(总编室) 010-68408042(发行部)

网 址: <http://www.qxcbs.com>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑: 李太宇

终 审: 吴晓鹏

责任校对: 王丽梅

责任技编: 赵相宁

封面设计: 博雅思企划

印 刷: 北京建宏印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 12.5

字 数: 320 千字

版 次: 2017 年 8 月第 1 版

印 次: 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 60.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

序 言

随着我国城市化的快速发展,城市人口的积聚膨胀,特别是高速发展的城市交通业,使得城市大气污染从原始的煤烟型污染转化为煤烟型与机动车尾气污染共存的复合型污染,由此产生了一系列的环境问题。如:城市可吸入颗粒物污染严重、霾及浓雾天气加剧、极端天气事件频繁发生等。这些严重影响了人们的生存空间和生活环境。但是,目前气象部门的环境气象服务业务主要限于空气质量预报。因此,迫切需要从国家需求及城市环境气象业务方面拓展业务领域,建立一套城市环境气象监测评价预警业务系统,以为政府决策、应急服务和提高人民生活质量提供高水平的服务。

我国 300 多个城市空气监测结果表明,约有 67% 的城市可吸入颗粒物浓度超标,可吸入颗粒物已经成为严重的城市大气污染问题。同时,可吸入颗粒物直接影响城市雾的形成及能见度的降低。卫星资料表明,中国大陆上空存在着厚厚的气溶胶云层,城市大气颗粒物污染尤其严重。面对城市化的迅速发展和复杂的污染源以及人民生活质量不断提高的需求,迫切需要开展关键大气成分可吸入颗粒物的监测,研究其时空分布的基本特性及其来源,为城市环境的治理提供依据。同时,为预防严重污染事件的发生,有必要研究并建立关键大气成分的数值预报系统,对影响空气质量的大气成分做出预测预报,并通过新闻媒体向公众发布,提醒公众应采取相应的保护措施。

有毒大气成分排放突发性事故是一种严重危害人类健康、破坏生态环境的恶性事故,已经引起世界各国的高度重视。制定突发性有毒大气成分排放事故的应急预案,准确模拟展示事故发生后毒气的扩散范围和影响程度显得尤为重要。

关键大气成分监测评价、环境气象影响评价、城市空气质量预报、有毒大气成分应急预案等一些城市环境气象服务,与国家需求和人民生活息息相关。因此,迫切需要将现有零散的大气成分监测评价及预报业务进行整合集成,研制城市环境气象监测评价预警业务系统,提高气象部门为政府决策和人民生活服务的水平

与质量。

该书是对科技部公益性行业(气象)科研专项“城市环境气象监测评价预警业务系统研发”的总结。书中分析了关键大气成分的时空分布特征,开展了环境气象影响评价研究;完善了城市环境气象监测评价预报预警业务流程及系统。该书将为城市环境气象研究及业务服务提供一定的技术方法和示范。

马雁军

2017年1月6日

马雁军,中国气象局沈阳大气环境研究所副所长,研究员。

前 言

科技部公益性行业(气象)科研专项“城市环境气象监测评价预警业务系统研发”,在现有环境气象业务的基础上,依托辽宁省现有的大气成分监测站的监测资料并通过加密观测,研究关键大气成分包括 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_1 的时空分布特征,开展关键大气成分监测分析;研究不同粒径的可吸入颗粒物、雾和霾、沙尘天气、能见度等环境气象因子对大气环境的影响;建立突发性大气污染物事故排放应急预警系统,并开展城市空气质量预报、突发性大气污染物事故排放应急等城市环境气象服务。

本书是对上述研究成果的全面总结,由参加项目的全体研究人员在总结各自研究成果的基础上集体撰写而成。

全书撰写分工如下:

第1章:马雁军 赵胡筋

第2章:洪 也 马雁军

第3章:马雁军 刘宁微 王扬锋

第4章:张碧辉 刘宁微 张云海 马雁军

第5章:王扬锋 张云海 马雁军

该项目在实施过程中得到了辽宁省气象局和中国气象局沈阳大气环境研究所的大力支持,在此表示衷心的感谢。

项目组

2017年1月5日

目 录

序言

前言

第 1 章 辽宁六个城市关键大气成分的时空分布特征	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 资料来源	(1)
1.3 关键大气成分的年均浓度变化特征	(2)
1.4 关键大气成分的月均浓度变化特征	(5)
1.5 关键大气成分的日变化特征	(6)
1.6 关键大气成分的区域分布特征分析	(8)
1.7 大气粗、细、微粒子的时空分布特征	(10)
1.8 关键大气成分的污染水平分析	(13)
1.9 光学厚度的区域分布特征分析	(17)
1.10 小结	(22)
第 2 章 辽宁六个城市可吸入颗粒物的化学组成	(25)
2.1 引言	(25)
2.2 样品的采集	(25)
2.3 样品的化学分析	(26)
2.4 辽宁省六个城市大气颗粒物元素浓度和富集因子的时空分布研究	(26)
2.5 辽宁六个城市大气颗粒物中水溶性离子的时空分布特征	(60)
2.6 小结	(91)
第 3 章 环境气象影响评价	(95)
3.1 可吸入颗粒物与气象要素的关系	(95)
3.2 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_1 与风速的关系	(99)
3.3 不同城市颗粒物起沙的风速阈值分析	(101)
3.4 大气细粒子与能见度的拟合关系	(105)
3.5 沙尘天气时可吸入颗粒物的分布特征	(106)
3.6 大雾天气时可吸入颗粒物分布	(125)
3.7 霾天气时可吸入颗粒物的分布	(132)
3.8 光学厚度与能见度的相关关系	(164)
第 4 章 突发性大气污染事故排放应急预案研制	(168)
4.1 突发性大气污染事故应急系统框架	(168)

4.2	污染源处理(以沈阳及周边地区为例)	(171)
4.3	沈阳及周边地区模拟结果	(172)
4.4	污染物模拟结论	(183)
4.5	突发性大气污染事故的应急模拟分析	(183)
4.6	小结	(184)
第5章	城市空气质量预报系统	(186)
5.1	城市空气质量预报模式简介	(186)
5.2	加入移动污染源,完善模式污染源清单.....	(188)
5.3	建立高时空分辨率的大气污染排放源清单	(190)
5.4	建立沈阳市精细化空气质量模式系统	(192)
5.5	小结	(192)

第1章 辽宁六个城市关键大气成分的时空分布特征

1.1 引言

辽宁是我国的重工业基地,在我国的经济发展中起着十分重要的作用,但随着城市化的高速发展、城市建设规模的不断扩大、人口增多、车辆增加和气候变迁等一系列原因,空气中的颗粒物污染严重,尤其在冬季由于采暖期长,昼夜温差大,逆温层类似“大锅盖”效应十分突出,严重地抑制和影响了大气污染物的扩散与输送,污染物容易在边界层内堆积,导致各类污染物的浓度明显增大。特别是以沈阳、鞍山、抚顺和本溪等城市组成的以重工业为主体的辽宁中部“城市群”历史悠久,城市空气质量差,可吸入颗粒物 PM_{10} 年均浓度全部超标,属于煤烟、汽车尾气 and 自然扬尘混合型污染,其中以煤烟型污染为主,大气中的主要污染物为 PM_{10} 等可吸入颗粒物,近年来随着辽宁经济的不断发展,导致“城市群”的大气污染很严重,可吸入颗粒物 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 的超标率尤其严重。大量的研究表明,城市能见度的降低是由可吸入颗粒物 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 所致;美国、欧洲在流行病学领域的研究表明,城市空气可吸入性颗粒物 PM_{10} 及细颗粒物($PM_{2.5}$ 、 PM_1)的污染与医院就诊率、呼吸道疾病发病率乃至死亡率等诸多不利健康效应之间关系密切;小于 $2.5\ \mu m$ ($PM_{2.5}$ 及 PM_1)的颗粒物可在肺泡沉积,并进入血液循环,对人体健康的危害更大。因此,基于辽宁大气成分站沈阳、鞍山、抚顺、本溪、丹东和大连六个城市现有可吸入颗粒物(PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_1)、反应性气体(SO_2 、 NO_2)的监测资料及在六个城市颗粒物临时采样的化学分析结果,分析六个城市主要大气成分的时空分布特征。

1.2 资料来源

1.2.1 资料来源及六个大气成分站的位置

可吸入颗粒物(PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_1)及黑碳资料来自沈阳、鞍山、抚顺、本溪、丹东和大连六个大气成分站(图 1.1),反应性气体(SO_2 、 NO_2)资料来自于和环保交换的各环境监测站。沈阳大气成分站建在沈阳区域中心大楼的 19 楼楼顶,距地面高度 66 m;鞍山大气成分站建在鞍山市气象局办公楼 4 楼的楼顶,距地面高度 23 m;抚顺市大气成分站建在抚顺市政府大楼 21 楼的楼顶,距地面高度 80 m;本溪市大气成分站建在本溪市气象局观测场的空地上,距地面高度约 80 m;丹东大气成分站安装在浪头气象站。沈阳、鞍山、抚顺和本溪属于辽宁中部地区,丹东和大连属于沿海城市。

1.2.2 六个大气成分站大气气溶胶监测所用仪器

各大气成分站颗粒物所用仪器为德国 GRIMM 公司生产的颗粒物自动监测仪



图 1.1 辽宁六个城市大气成分站分布图

(GRIMM108)。该仪器观测采用光散射原理,自动测量 0~32 μm 直径大小的 31 个粒径通道的数浓度分布,同时数字处理器根据数浓度分布,计算出颗粒物 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_1 的质量浓度,数据频率为 5 分钟。采样流速为 1.2 L/min,32 个通道测量粒子直径的阈值分别为:0.25, 0.28,0.30,0.35,0.40,0.45,0.50,0.58,0.65,0.70,0.80,1.0,1.3,1.6,2.0,2.5,2.5,3.0, 3.5,4.0,5.0,6.5,7.5,8.0,10.0,12.5,15.0,17.5,20.0,25.0,30.0 和 32 μm 。数浓度测量范围为 1~2000000 个/L,质量浓度为 0.1~1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

1.3 关键大气成分的年均浓度变化特征

1.3.1 大气颗粒物(PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 及 PM_1)年均浓度的变化特征

表 1.1 为 2007—2011 年沈阳、鞍山、抚顺、本溪、丹东和大连辽宁六个大气成分站大气颗粒物(PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_1)质量浓度的年变化。近 5 年辽宁六个城市(PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_1)的年均浓度基本呈下降的趋势。根据国家环保部公布的大气颗粒物 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均浓度标准(0.070 mg/m^3 和 0.035 mg/m^3),5 年来沈阳、鞍山、抚顺的 PM_{10} 年均浓度全部超标,本溪 2007—2010 年 PM_{10} 年均浓度超标,丹东 2009、2010 年 PM_{10} 年均浓度超标,大连 2007—2009 年年均浓度超标,六个城市 PM_{10} 年均浓度的超标范围在 4.3%~90.0%;对于 $\text{PM}_{2.5}$ 来说,六个城市的年均浓度都超标, $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度的超标范围在 11.4%~162.9%。

从上述分析可知,辽宁六个大气成分站细粒子的污染十分严重;沿海城市丹东、大连可吸入颗粒物的污染最轻,辽宁中部城市鞍山和沈阳污染较重。沿海城市由于大气的扩散输送能力比中部城市的大气扩散输送能力强,导致沿海城市大气颗粒物的污染比中部城市低。

表 1.1 2007—2011 年辽宁六个城市大气颗粒物(PM₁₀、PM_{2.5}及 PM₁)

年均浓度分布情况

单位:mg/m³

	PM ₁₀					PM _{2.5}					PM ₁				
	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
沈阳	0.118	0.115	0.112	0.101	0.090	0.089	0.078	0.079	0.068	0.061	0.073	0.063	0.062	0.064	0.054
鞍山	0.113	0.103	0.133	0.104	0.099	0.074	0.071	0.092	0.056	0.054	0.060	0.062	0.079	0.064	0.050
抚顺	0.11	0.093	0.101	0.085	0.075	0.078	0.056	0.066	0.045	0.032	0.065	0.048	0.041	0.035	0.033
本溪	0.109	0.081	0.086	0.073	0.068	0.075	0.052	0.062	0.054	0.052	0.058	0.042	0.051	0.043	0.047
丹东	0.052	0.056	0.088	0.076	0.069	0.042	0.042	0.056	0.039	0.040	0.037	0.037	0.046	0.032	0.035
大连	0.077	0.078	0.077	0.058	0.067										

1.3.2 反应性气体(SO₂、NO₂)年均浓度的变化特征

图 1.2、图 1.3 分别为 2007—2011 年沈阳、鞍山、抚顺、本溪、丹东和大连六个城市 SO₂ 和 NO₂ 年均浓度分布。从图中可以看出沈阳、抚顺和本溪 SO₂ 的年均浓度基本是逐年升高,鞍山、丹东和大连 SO₂ 的年均浓度在逐年降低;SO₂ 的年均浓度沈阳 2007 年最低,鞍山 2010 年最低,抚顺 2009 年最低,本溪和丹东 2008 年最低,大连 2011 年最低;近 5 年六个城市 SO₂ 的平均浓度沈阳最高、最低是大连,平均浓度由高到低的排序为沈阳、鞍山、抚顺、本溪、丹东和大连。

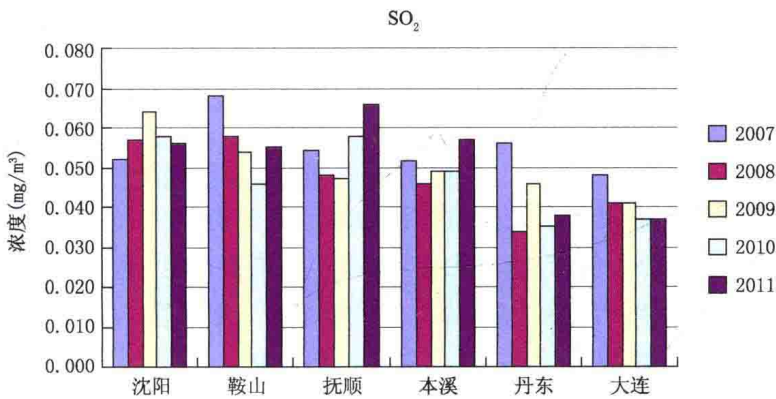


图 1.2 SO₂ 年均浓度变化特征

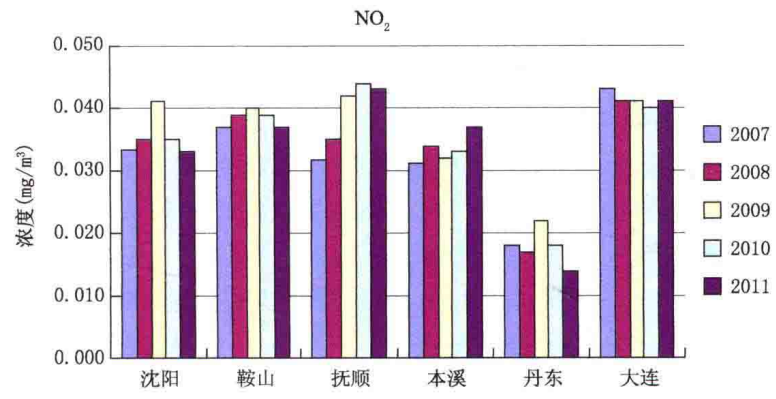


图 1.3 NO₂ 年均浓度变化特征

近 5 年 NO_2 的年均浓度沈阳、鞍山、抚顺和本溪基本逐年升高,大连基本维持稳定,丹东除 2009 年外每年呈降低的趋势;六个城市 NO_2 的年均浓度大连相比其他城市较重,其次是中部其他四个城市,丹东最轻。到 2011 年辽宁六个城市 SO_2 年均浓度除抚顺超过国家二级标准(0.06 mg/m^3)外,其他城市不超标,大连、抚顺 NO_2 年均浓度超过国家二级标准(0.08 mg/m^3),沈阳、鞍山、本溪和丹东不超标。

1.3.3 辽宁中部四个城市 1987—2009 年 PM_{10} 、 SO_2 和 NO_2 的年际变化

图 1.4 为 1987—2009 年辽宁中部城市群各城市大气污染物 PM_{10} 的年均浓度变化,可以看出,各城市 PM_{10} 的年均浓度逐渐下降,平均浓度由 1987 年的 0.410 mg/m^3 下降到 2009 年的 0.098 mg/m^3 ,下降了 76%,表明辽宁省采取的大气污染治理措施对降低大气颗粒物污染起到了一定的效果,但可吸入颗粒物年均浓度沈阳、鞍山和抚顺仍超标,本溪不超标。

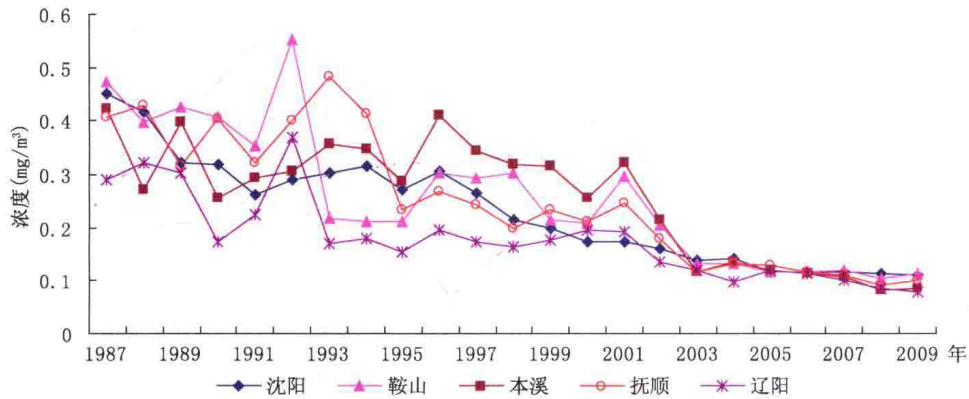


图 1.4 1987—2009 年辽宁中部城市群各城市大气污染物 PM_{10} 的年均浓度变化

1987 年是沈阳市和本溪市可吸入颗粒物污染最严重年份,年均值超过 0.40 mg/m^3 ,是国家二级标准(0.1 mg/m^3)的 4 倍以上;鞍山市 1992 年污染最严重,达 0.552 mg/m^3 ,是国家标准的 5.5 倍;抚顺市 1993 年污染最严重,为 0.485 mg/m^3 ,是国家二级标准的 4.8 倍以上;到 2007 年四个城市的可吸入颗粒物 PM_{10} 年均浓度仍然超标。但最近 5 年 PM_{10} 浓度基本维持稳定或略有减少。

图 1.5 为 1987—2009 年辽宁中部城市群各城市大气污染物 SO_2 的年均浓度变化。从图

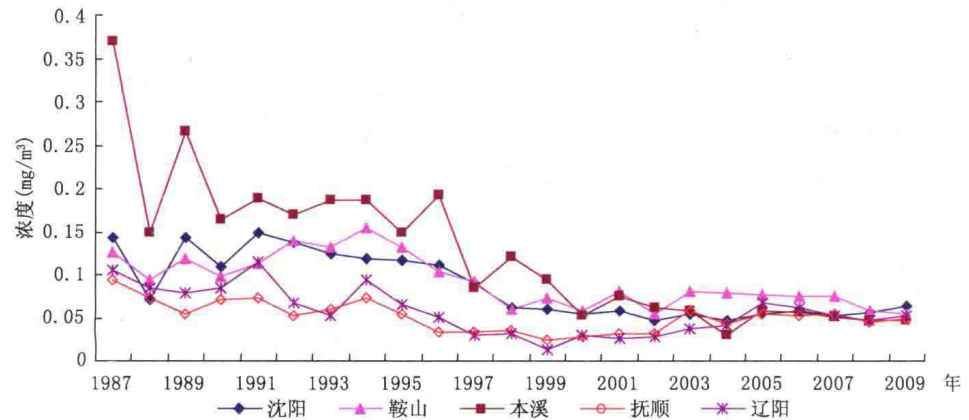


图 1.5 1987—2009 年辽宁中部城市群各城市大气污染物 SO_2 的年均浓度变化

中可以看出,各城市 SO_2 的年均浓度逐渐下降,平均浓度由 1987 年的 0.168 mg/m^3 下降到 2009 年的 0.053 mg/m^3 ,下降了 68.5%。到 2009 年除沈阳 SO_2 的年均浓度为 0.064 mg/m^3 ,超过国家二级标准(0.06 mg/m^3)外,鞍山、抚顺和本溪的年均浓度已经达到国家二级标准。同 PM_{10} 一样最近 5 年 SO_2 浓度基本维持稳定或略有减少。

图 1.6 为 1987—2009 年辽宁中部城市群五个城市大气污染物 NO_2 的年均浓度变化。从图中可以看出,各城市 NO_2 的年均浓度逐渐下降,平均浓度由 1987 年的 0.101 mg/m^3 下降到 2009 年的 0.040 mg/m^3 ,下降了 60.4%。到 2009 年除抚顺 NO_2 的年均浓度为 0.032 mg/m^3 ,没有超过国家二级标准(0.06 mg/m^3)外,鞍山 NO_2 的年均浓度为 0.032 mg/m^3 达到国家二级标准,沈阳和本溪的年均浓度超过国家二级标准。最近 5 年 NO_2 年均浓度呈稍稍增加的趋势。

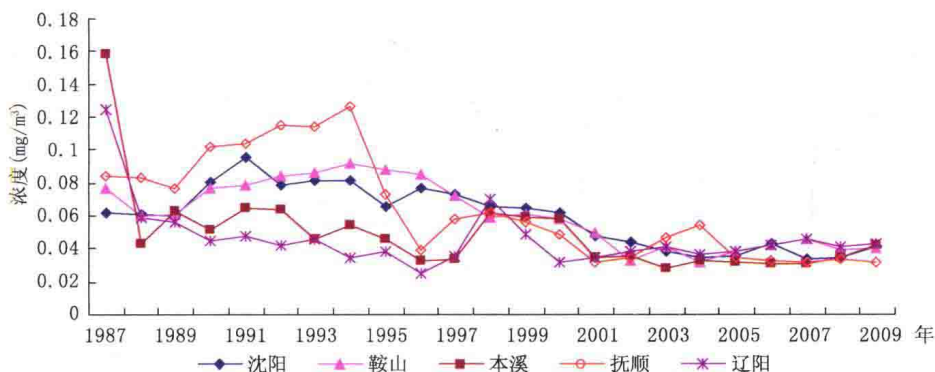


图 1.6 1987—2009 年辽宁中部城市群五个城市大气污染物 NO_2 的年均浓度变化

1.4 关键大气成分的月均浓度变化特征

1.4.1 大气颗粒物(PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_1)月均值分布特征

图 1.7 为 2007 年沈阳、鞍山、抚顺、本溪、丹东和大连六个城市大气颗粒物 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_1 的月均浓度变化曲线,从图中可以看出,六个城市冬季 1 月份颗粒物(PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_1)的浓度最高,其中 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 及 PM_1 浓度沈阳最高,其次是抚顺、鞍山、本溪、大连和丹东;沈阳、鞍山、抚顺和本溪辽宁中部四个城市 9 月份颗粒物(PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_1)的浓度最低,而沿海城市大连及丹东夏季 6 月份浓度最低。沈阳、鞍山、抚顺和本溪夏季 7 月份的浓度有一个次峰值。

进入冬季随着气温的降低取暖所用燃煤量逐渐增加,使得大气污染物的排放量逐渐增加,加上逆温、小风等不利于大气扩散输送的气象条件,导致空气中颗粒物的浓度高,导致 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_1 的浓度也逐渐升高,到冬季 1 月份温度最低、燃煤量最大,污染物浓度也达到最大,同时也说明冬季燃煤是颗粒物的重要来源;之后,随着气温逐渐升高,取暖燃煤量也越来越少,排放的污染物随之减少。 PM_{10} 不仅来源于工业燃煤、燃油、居民取暖用煤等人类活动的排放,还来自于风沙、扬尘、裸露地面等自然源的排放,春季 4、5 月份大风吹起地面的尘土,使得 PM_{10} 的浓度比相邻月份的浓度值高;夏季 7 月份,由于温度高、湿度大,加上太阳辐射强度的增加,使得污染物更容易发生化学反应生成二次污染物,使得细粒子的浓度增大,从而使得颗粒物(PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_1)的浓度升高。

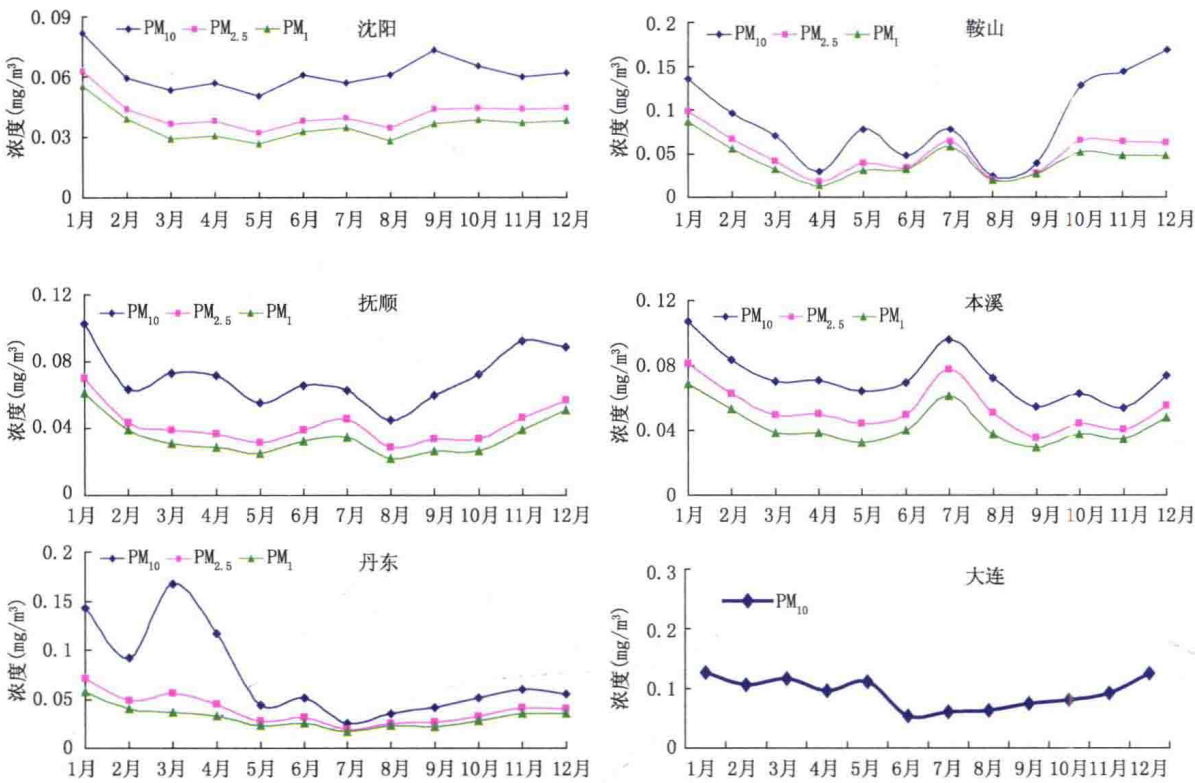


图 1.7 六个城市可吸入颗粒物(PM₁₀、PM_{2.5}、PM₁)的月均值分布

1.4.2 反应性气体 SO₂、NO₂ 的月变化

图 1.8 为 2008 年辽宁六个城市 SO₂、NO₂ 浓度的月均值变化分布,从图中可以看出,SO₂、NO₂ 浓度在冬季 12 月份、1 月份的值最大,夏季 6—8 月最低。这是由于冬季采暖集中燃煤,排放大量的污染物,加上逆温、小风等不利于大气扩散输送的气象条件,导致空气中的污染物浓度很高。由于 SO₂ 主要来自燃煤的排放,所以 SO₂ 浓度的季节变化十分明显;而 NO₂ 少量来自燃煤,主要来自汽车尾气的排放,NO₂ 浓度的季节变化不如 SO₂ 明显,因为汽车尾气的排放季节变化很小。

1.5 关键大气成分的日变化特征

图 1.9 分别为 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀、PM_{2.5}、PM₁ 小时浓度年均值的日变化分布,从图中可以看出,大气污染物浓度的日变化特征基本上是早晨、傍晚浓度值高,中午前后浓度值低,这和太阳的日变化及人类一天的活动规律是一致的。日出前大气相对稳定,容易形成逆温,大气扩散输送能力较差,加上早晨上班的高峰,机动车尾气增加,致使空气中的污染物浓度升高,导致污染物堆积,到早晨 7—9 时,污染物浓度达到最大值;之后,随着太阳的升起,气温升高,大气的扩散输送能力增强,污染物浓度逐渐降低;傍晚太阳落山以后,污染物浓度又逐渐增高,到 19—21 时又达到第二个高值。

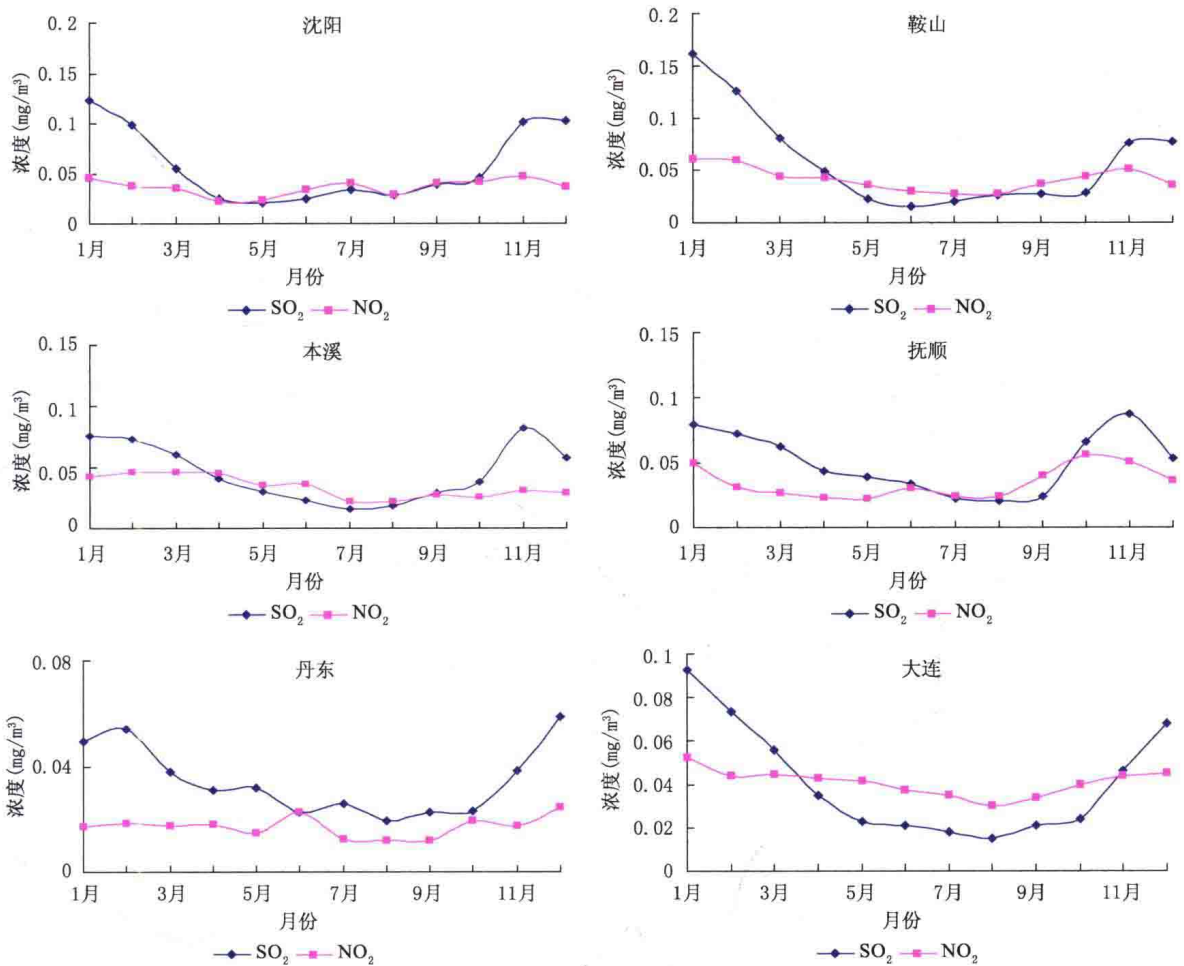


图 1.8 六个城市反应性气体(SO_2 、 NO_2)的月均值分布

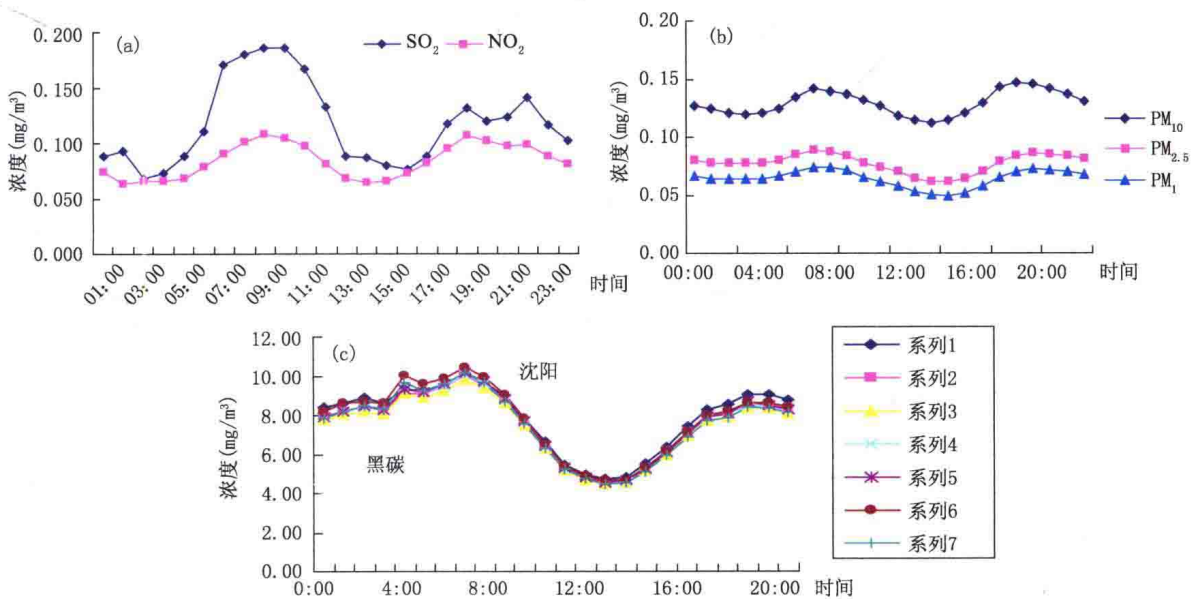


图 1.9 污染物小时浓度日变化分布

1.6 关键大气成分的区域分布特征分析

1.6.1 颗粒物(PM₁₀、PM_{2.5}和 PM₁)的区域分布特征

由于受气象条件的影响,各城市大气污染物浓度的变化具有同步效应。为了比较两个城市间颗粒物的相关性,选取了四个城市没有连续观测的时间段(2006 年 12 月 18 日到 2007 年 2 月 24 日)。表 1.2 为两两城市间 PM₁₀、PM_{2.5}、PM₁ 日均浓度变化的相关系数, $R_{10(沈阳-鞍山)}$ 表示沈阳 PM₁₀的日均浓度和鞍山 PM₁₀的日均浓度的相关系数, $R_{2.5(沈阳-鞍山)}$ 表示沈阳 PM_{2.5}的日均浓度和鞍山 PM_{2.5}的日均浓度的相关系数, $R_{1(沈阳-鞍山)}$ 表示沈阳 PM₁的日均浓度和鞍山 PM₁₀的日均浓度的相关系数。从表 1.2 中可以看出,沈阳、鞍山、抚顺和本溪两两城市之间颗粒物 PM₁₀、PM_{2.5}、PM₁ 日均浓度的相关系数都很显著,其中抚顺和本溪的相关系数最大,鞍山和抚顺的相关系数最小;随着颗粒物粒径的减小,相关系数增大,表明越细小的颗粒物其区域污染特征越明显。

表 1.2 各城市 PM₁₀、PM_{2.5}、PM₁ 日均浓度的相关性分布

颗粒物	样本数	$R_{10(沈阳-鞍山)}$	$R_{10(沈阳-抚顺)}$	$R_{10(沈阳-本溪)}$	$R_{10(鞍山-抚顺)}$	$R_{10(鞍山-本溪)}$	$R_{10(抚顺-本溪)}$
PM ₁₀	67	0.73	0.63	0.65	0.61	0.66	0.81
	样本数	$R_{2.5(沈阳-鞍山)}$	$R_{2.5(沈阳-抚顺)}$	$R_{2.5(沈阳-本溪)}$	$R_{2.5(鞍山-抚顺)}$	$R_{2.5(鞍山-本溪)}$	$R_{2.5(抚顺-本溪)}$
PM _{2.5}	67	0.80	0.79	0.76	0.74	0.76	0.87
	样本数	$R_{1(沈阳-鞍山)}$	$R_{1(沈阳-抚顺)}$	$R_{1(沈阳-本溪)}$	$R_{1(鞍山-抚顺)}$	$R_{1(鞍山-本溪)}$	$R_{1(抚顺-本溪)}$
PM ₁	67	0.79	0.80	0.78	0.77	0.77	0.89

图 1.10、图 1.11 和图 1.12 分别为沈阳、鞍山、抚顺、本溪颗粒物 PM₁₀、PM_{2.5}、PM₁ 的日均浓度变化曲线。从图中可以看出,颗粒物 PM₁₀、PM_{2.5}、PM₁ 的日均浓度呈波峰、波谷变化。沈阳、鞍山、抚顺和本溪四个城市的浓度波峰波谷值有很好的对应关系,污染物浓度高值时,四个城市的浓度值基本都高,低值时,浓度值基本都低,颗粒物浓度受区域天气系统的影响。如 2007 年 1 月 3—5 日,辽宁省内出现大雾天气,沈阳、鞍山、抚顺和本溪都受大雾的影响,空气质量都很差;4 日沈阳市的能见度不足 50 m,PM₁₀的日均浓度达到了 0.52 mg/m³,是国家二级标准的 3.47 倍,PM_{2.5}的日均浓度为 0.38 mg/m³,是美国 PM_{2.5}日均浓度标准的 5.85 倍;鞍山市 PM₁₀的日均浓度达到了 0.53 mg/m³,是国家二级标准的 3.53 倍,PM_{2.5}的日均浓度为 0.40 mg/m³,是美国 PM_{2.5}日均浓度标准的 6.15 倍;抚顺、本溪 PM₁₀日均浓度都超标 1 倍左右,PM_{2.5}超标 2 倍左右。又如 2007 年 5 月 7 日辽宁发生了一次严重的沙尘暴,沙尘路径自东到西影响辽宁大部分地区,沈阳、鞍山、抚顺和本溪都受其影响,出现浮尘或扬沙天气,可吸入颗粒物的浓度很高,沈阳、抚顺和本溪 PM₁₀的日均浓度分别为 0.57 mg/m³、0.58 mg/m³、0.61 mg/m³。总的来说,六个城市可吸入颗粒物日均浓度的变化是随着整个区域天气形势的变化而变化。辽宁中部四个城市的可吸入颗粒物分布具有区域特性。

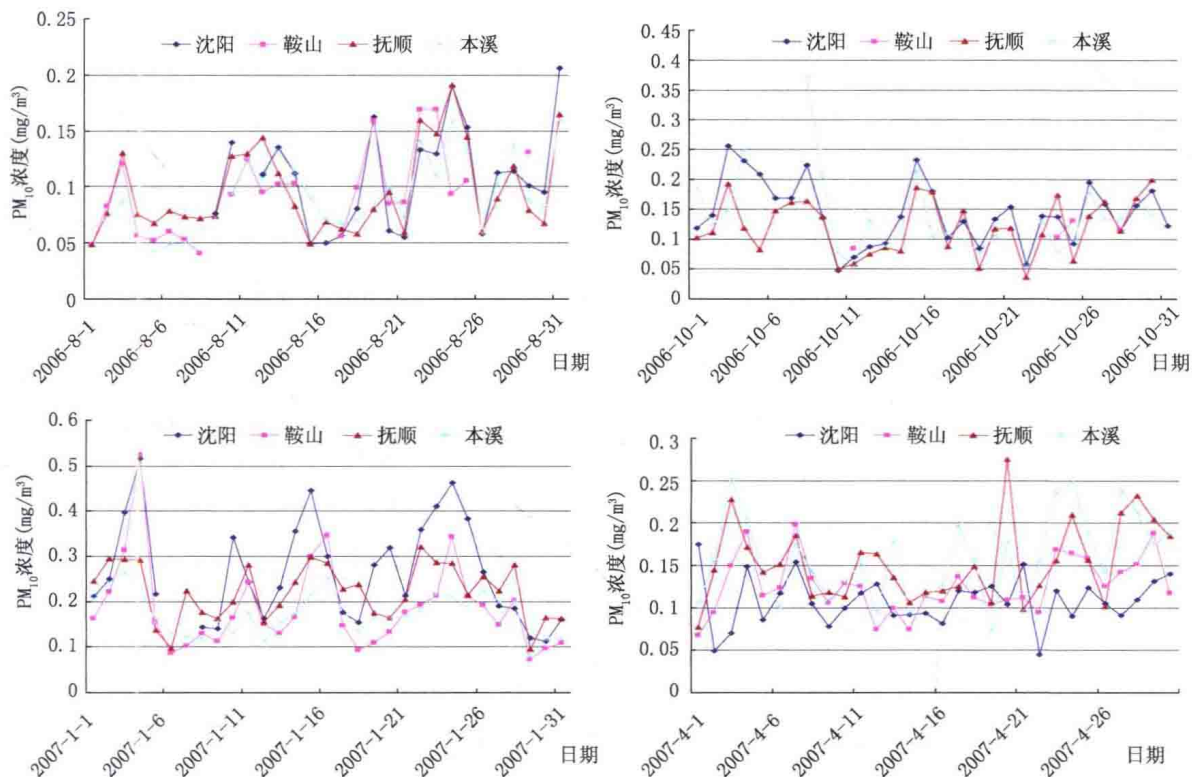


图 1.10 沈阳、鞍山、抚顺、本溪 PM_{10} 的日均浓度变化曲线

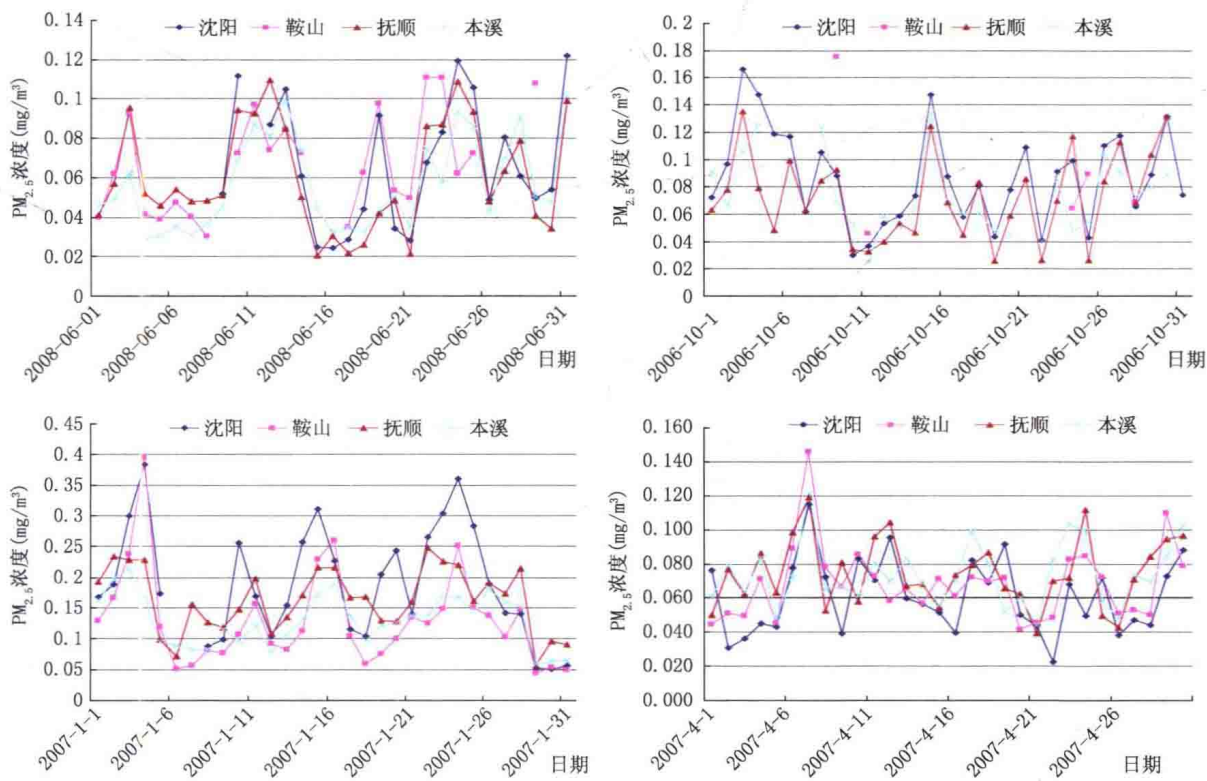


图 1.11 沈阳、鞍山、抚顺、本溪 $PM_{2.5}$ 的日均浓度变化曲线